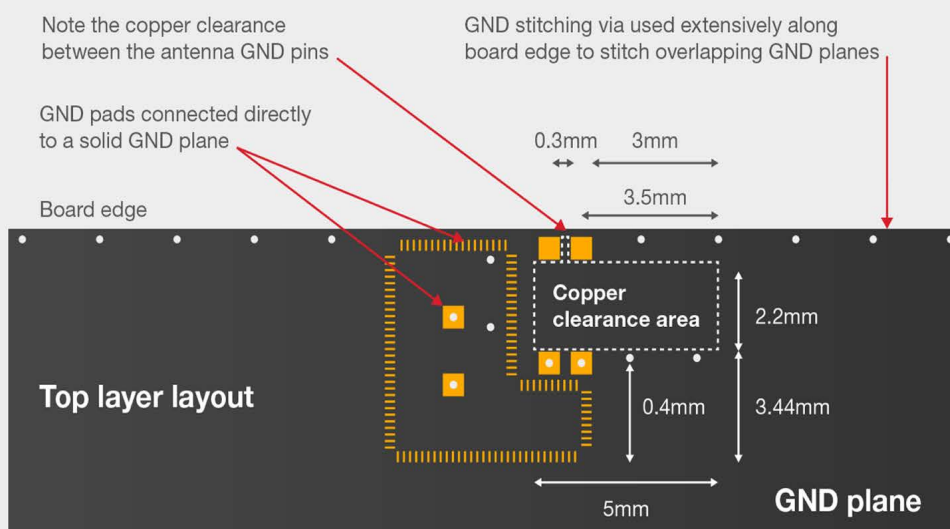


Die Herausforderung der Größe

Miniaturisierung von IoT-Designs

Dieser Beitrag befasst sich mit den Herausforderungen bei der Entwicklung von vernetzten Geräten. Hier werden immer kleinerer Produkte verlangt, sodass insbesondere der Antennenintegration und System-in-Package-Modulen erhöhte Bedeutung zukommt.



Antenna clearance area, ground plane stitching, and position of the BGM121 SiP module from the PCB edges impacts RF Performance.

Der Freiraum für die Antenne, die Grenze der Grundplatte und die Position des BGM121-SiP-Moduls zu den Leiterplattenkanten beeinflussen die HF-Leistung

Da wir immer mehr Geräte drahtlos mit dem Internet verbinden, stehen Elektronikengineure vor mehreren Herausforderungen, darunter die Fragen, wie man einen Funksender in den vorhandenen Platz auf dem Gerät unterbringt und wie man immer kleinere Geräte herstellen kann. Bei alledem verlangen Verbraucher nach Produkten für das Internet der Dinge (IoT), die ergonomisch einfach zu bedienen sind. Die Größenerwartung ist eine der am häufigsten gestellten Fragen, wenn es um IoT-Geräte geht, danach kommen Funkleistung und Preis. Im Idealfall möchten Ingenieure IoT-Komponenten verwenden, die so klein wie möglich sind, eine hervorragende HF-Leistung haben und erschwinglich sind. Diese Eigenschaften werden bei IoT-Komponenten in der Regel

nicht vereint, und dies stellt eine Herausforderung für Lösungsanbieter dar.

Platzprobleme

Glücklicherweise ist die Größe eines Siliziumchips im Laufe der Jahre immer kleiner geworden, da die Industrie neue Silizium-Herstellungsverfahren entwickelt hat. Die Industrie hat dadurch das Platzproblem für IoT-Implementierungen gelöst, indem sie durch die Kombination von MCU und HF-Frontend in System-on-Chip-Konfigurationen (SoC) sozusagen drahtlose MCUs verfügbar gemacht hat. Der Trend zu SoCs hat jedoch das physikalische Problem des HF-Senders mit der Antenne nicht gelöst. Das Antennen-Design wird oft dem Kunden überlassen, oder er wird dazu angehalten, fertige drahtlose

Module mit einer integrierten Antenne zu nutzen. Der Platzbedarf für eine Antenne ist eine Herausforderung bei der Entwicklung kleiner IoT-Geräte. Die Antenne muss effizient sein und gleichzeitig zuverlässige drahtlose Verbindungen ermöglichen. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt hier auf den spezifischen Belangen der Antennenintegration.

Warum ein SoC?

Als der erste IoT-Boom in den 2000er Jahren aufkam, hieß die Branche noch Machine-to-Machine (M2M), und die für die IoT-Konnektivität angebotenen Komponenten waren hauptsächlich GPRS-Modems, Bluetooth-Ersatz für serielle Kabel oder proprietäre Sub-G-Funkgeräte. Diese Designs hatten zwei Hauptkomponenten für

Quelle: „Miniaturizing IoT Designs“, 2023
Tom Nordman, Pasi Rahikkala
Silicon Labs
www.silabs.com
übersetzt von FS

die Konnektivität: die MCU und das Funkmodem.

Und der erforderliche Platz für die grundlegende IoT-Funktionalität war in der Regel am kleinsten: 50 mm in jeder Dimension. Als die Siliziumindustrie zu Prozessen überging, bei denen die erforderliche MCU- und HF-Funktionalität auf demselben Chip untergebracht werden konnte, ergaben sich neue Möglichkeiten für die Entwickler. Jetzt konnten sie die Funktionalität eines IoT-Geräts in ein und demselben IC/SoC implementieren. Die IoT-Komponentenarchitekturen verlagerten sich aufgrund der offensichtlichen Vorteile auf drahtlose MCUs. Ingenieure können IoT-Geräte nun mit einem einzigen Bauteil entwickeln und dadurch viel Platz sparen, aber auch Geld.

Bei der Auswahl der Architektur für moderne IoT-Geräte ist es offensichtlich, dass SoC-basierte Systeme aufgrund ihres Größenvorteils die Nase vorn haben werden. Der Trend zu SoCs hat jedoch nicht die Physik der HF-Übertragung über die Antenne gelöst.

Was ist mit der Antenne?

Die neue Ära der hochintegrierten SoCs wirft bei den Entwicklern einige Fragen auf: Was ist mit der Antenne? Wie viel Platz sollte ich für die Antenne reservieren? Welche Art von Antenne sollte ich wählen, oder sollte ich ein Modul verwenden, in dem die Antenne bereits integriert ist? Die Antennenfrage ist komplex, denn wir müssen nicht nur die Größe und den Wirkungsgrad, sondern auch Fragen der Verstimmung, insbesondere bei Designs mit unterschiedlichen Gehäusen, aber gleicher Antennenarchitektur beachten.

Üblicherweise werden für IoT-Designs PCB-Leiterbahnantennen, wie z.B. Inverted-F, verwendet. Dies aufgrund ihrer niedrigen Materialkosten. Aber diese gedruckten PCB-Antennen haben erhebliche Größenanforderungen, normalerweise im Bereich 25 mm x 15 mm, was die resultierenden IoT-Geräte letztlich zu groß werden lässt. Diese Antennen haben auch einen weiteren Nachteil, wenn sie in einem Modul verwendet werden: Sie reagieren empfindlich auf die

durch die Gehäusematerialien verursachte Verstimmung und müssen bei der Montage des Endprodukts besonders berücksichtigt werden, um optimal zu funktionieren. In SoC-Designs ist die Antennenabstimmung Teil des normalen Designflusses und erfordert ein gewisses Maß an Fachwissen. Bei diesen Entwürfen unterscheidet sich eine gedruckte Antenne nicht von anderen Antennentypen.

Die Antennenhersteller bieten seit einiger Zeit Chip-Antennen an, um den Design-Aufwand zu vereinfachen. Diese Antennen gibt es hauptsächlich in zwei Formen:

- Antennen, die nicht mit der GND-Ebene gekoppelt sind und eine relativ große Freifläche benötigen (oder die frei sind von Masse, Leiterbahnen und Bauteilen)

Beispiele für solche Antennen sind Monopolantennen und invertierte F-Antennen.

- Antennen, die mit der GND-Ebene gekoppelt sind und entweder eine relativ kleine Freifläche unter der Antenne oder

überhaupt keinen Freiraum benötigen.

Der erforderliche Platzbedarf für den HF-Teil eines IoT-Designs sollte auch die Freifläche enthalten, da hier keine Komponenten oder Leiterbahnen platziert werden können. Das bedeutet, dass die Designer bei der Größenabschätzung ihrer IoT-Geräte auf die erforderlichen Leiterplattenabmessungen für die Antenne und die benötigten Freiräume, aber auch die Abstände zwischen der Antenne und der Gehäusekante umfassen, Rücksicht nehmen müssen.

Bei IoT-Designs in der Größe einer Knopfzellenbatterie gibt es immer einen Kompromiss mit der Antenneneffizienz. Je kleiner die Antenne, desto weniger Effizienz können wir für die HF-Leistung erreichen. Etwa Geräte, die weniger als 10 mm in jeder Raumdimension nutzen, ermöglichen im 2,4-GHz-Band eine Bluetooth-Verbindung über etwa 10 m mit einem Mobiltelefon, was für die meisten persönlichen IoT-Geräte akzeptabel ist.

Wenn die Abmessungen jedoch näher an 20 mm in jeder

Richtung liegen, steigt die HF-Effizienz erheblich und ermöglicht je nach den Bedingungen eine praktische Reichweite von 20 bis 40 m mit einem Mobiltelefon. Und wenn die Abmessungen 40 mm erreichen, dann sind mehrere Antennen möglich, die auf die Größe der Grundfläche abgestimmt sind für maximale Leistung. Das bedeutet dann, dass mit dem Bluetooth-4.2-Protokoll die praktische Reichweite zwischen zwei identischen Geräten etwa 60 bis 400 m beträgt. Bei Verwendung von 15.4-Protokollen wie ZigBee kann die Reichweite bei Sichtverbindung bis zu über 500 m betragen.

Also je nach der Anwendung und der angestrebten Größe muss ein Entwickler die Antennenleistung und -effizienz im Verhältnis zur PCB-Größe im Auge haben, da die meisten Chip-Antennen die PCB-Massefläche als Teil der Antennenkonfiguration verwenden. Darüber hinaus ist die Position der Antenne/des Moduls im Design wichtig, und die Designer müssen die Freiräume und die Erdung für die optimale Position des Moduls im Entwurf berücksichtigen.

Gedruckte PCB-Antennen stellen erhebliche Größenanforderungen. Der Antennenabstand, die Massefläche und die Position des BGM121-SiP-Moduls zu den Leiterplattenkanten beeinflussen die HF-Leistung.

Was ist mit der externen Antenne?

Laut Statistiken über Bluegiga-Module in der Design-Pipeline für mehrere Antennen-Packaging-Optionen evaluieren fast 50% der IoT-Kunden die Leistung und Machbarkeit einer externen Antenne (= in das Gehäuse integrierte Antennen über U.FI-Stecker). Doch nur etwa 10% dieser evaluierten Designs setzen die externe Antenne tatsächlich ein, und 90% der Kunden entscheiden sich für Module mit integrierter Chip-Antenne. Was ist der Grund dafür? Warum setzen Ingenieure externe Antennen nicht in großem Umfang in

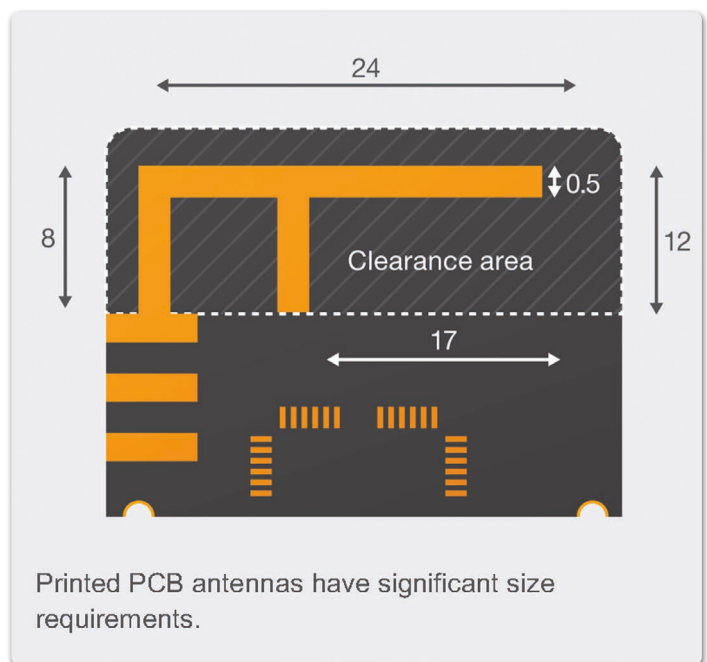
ihren Entwürfen ein? Die Antwort auf diese Frage:

Die Mechanik der externen Antenne ist beim Entwurf nicht design-freundlich. Die Geräte sehen unschön aus und gehen leicht kaputt, wenn sie fallengelassen wird. Diese Antennen erhöhen auch die BoM und die Montagekosten. Vergleicht man die Effizienz eines guten HF-Designs mit Chip-Antenne mit der Nutzung durch eine U.FI.-Antenne, ergibt sich kein Vorteil für die Verwendung einer externen Antenne. Eine externe Antenne ist nur notwendig, wenn das Gehäuse des Geräts aus Metall ist und einen faradayschen Käfig bildet. Die mit der externen Antenne mögliche beste Leistung ist ein zu schwaches Argument gegenüber den höheren Montagekosten und dem aufwendigeren mechanische Design gegenüber einer Chip-Antenne.

Wie stark sollte das Gehäuse gepackt sein?

Bei der Konstruktion eines IoT-Geräts mit Antenne spielen die Mechanik und das Gehäuse eine wichtige Rolle mit Blick auf das Problem der Antennenverstimmung. Die HF-Strahlung, die aus der Antenne austritt, wird durch die Nähe der Materialien beeinflusst. Die Antenne verstimmt sich, wenn sie mit Metall oder sogar Kunststoff in Berührung kommt. Aus diesem Grund muss die Antenne von einem Gehäuse aus Kunststoff oder Metall getrennt werden. Es gibt große Unterschiede zwischen den Antennentypen und ihrer Empfindlichkeit gegenüber Verstimmung.

Einige der neuesten Gehäuseinnovationen der SiP-Module von Silicon Labs lösen das Problem der Verstimmung, da die Antenne sich bereits im Substrat befindet und auf die Nähe des Kunststoffgehäuses abgestimmt ist. Dadurch können die Designer das SiP-Modul frei auf ihren Designs platzieren und die Größe der Geräte erheblich reduzieren.



Printed PCB antennas have significant size requirements.

Gedruckte PCB-Antennen haben erhebliche Größenanforderungen, normalerweise im Bereich von 25 x 15 mm

Möglichkeiten von einem System-in-Package (SiP)

Silicon Labs hat seine IoT-SoC-Erfahrung mit der Bluegiga-Antennen-Design-Erfahrung kombiniert und ein SiP-Modul entwickelt, das die Vorteile eines SoC-Moduls mit einer extrem kleinen Grundfläche kombiniert. Der gesamte Design-Footprint einschließlich des Freiraumes für die Antenne beträgt etwas mehr als 50 mm². Dies bedeutet, dass es Platz für andere Komponenten im Design lässt und macht es endlich möglich, wirklich kompakte IoT-Geräte zu entwickeln.

Die BGM12x-SiP-Module sind für den kleinsten Design-Footprint der Bluetooth-Low-Energy-Technologie konzipiert. Die Größe von 6,5 x 6,5 mm bietet eine vollständige Implementierung und umfasst eine ARM-Cortex-M4F-Core-basierte MCU, viel Flash und RAM, eine integrierte Antenne und eine ultrakleine Freifläche von 5 mm x 3 mm, um Hochleistungsanwendungen zu ermöglichen. Das SiP-Modul integriert außerdem alle erforderlichen passiven Komponenten, sodass der Designer sich von den bei Einhaltung der Layout-Richtli-

nien HF-bezogenen Design-Problemen befreit. Die SiP-Module sind ideal für Wearables und Hausautomatisierungssysteme und für Anwendungen, bei denen das Design der Endgeräte schlank und klein sein muss, wie z.B. Sport- und Fitnessgeräte.

Best Practices für die Größenoptimierung mit SiP

1. Verwenden Sie eine SiP, die auf einem SoC mit flash-basierter Architektur für Protokoll-Updates und Wartung basiert.
2. Verwenden Sie hochintegrierte und kleine SiP-Module mit kleinen PCB-Freibereichen.
3. Verwenden Sie hochintegrierte SiP-Module mit Antennen, die sich in der Nähe des Gehäuses nicht verstimmen.
4. Halten Sie sich genau an die vorgegebenen Layout-Richtlinien. Achten Sie auf die Genauigkeit der Größe des Freiraumes und die Positionierung der SiP-Module sowie den Abstand zu den Leiterplattenkanten.. ◀